
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2013/2014 Academic Session

December 2013/January 2014

EMH 441 – Heat Transfer
[Pemindahan Haba]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:
ARAHAN KEPADA CALON:

Please check that this paper contains **SIX (6)** printed pages and **FIVE (5)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **ALL** questions.
*Jawab **SEMUA** soalan.*

Appendix/Lampiran :

[5 page/mukasurat]

You may answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.
*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Answer to each question must begin from a new page.
Jawapan untuk setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.
Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.

- Q1. [a] Calculate the heat transfer per unit area through the composite wall in Figure Q1[a]. Assume one-dimensional heat flow.**

Kirakan pemindahan haba per unit luas dinding komposit dalam Rajah S1[a]. Anggapkan aliran haba satu dimensi.

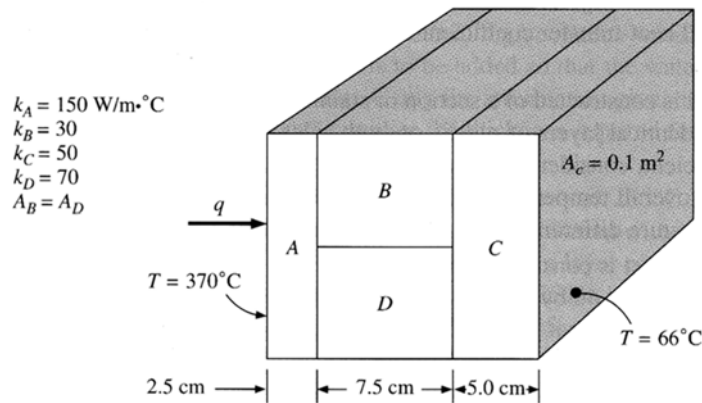


Figure Q1[a]

Rajah S1[a]

[40 marks/markah]

- [b] A spherical tank, 1 m in diameter, is maintained at a temperature of 120°C and exposed to a convection environment. Given $T_\infty = 15^\circ\text{C}$, $k_{\text{urethane}} = 18 \times 10^{-3} \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$ and $h = 25 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.**

- Derive an equation for the critical radius of insulation for a sphere.**
- What is the critical radius of the insulation?**
- What thickness of urethane foam should be added to ensure that the outer temperature of the insulation does not exceed 40°C ?**
- What percentage reduction in heat loss results from installing this insulation?**

Sebuah tangki sfera, berdiameter 1 m, dikekalkan pada suhu 120°C dan didedahkan dalam persekitaran perolakan. Diberi $T_\infty = 15^\circ\text{C}$, $k_{\text{uretana}} = 18 \times 10^{-3} \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$ dan $h = 25 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$.

- Terbitkan persamaan jejari kritikal tebatan bagi sebuah sfera.*
- Apakah jejari kritikal tebatan?*
- Apakah ketebalan busa uretana yang perlu ditambah supaya suhu luar penebatan tidak melebihi 40°C ?*
- Apakah peratus pengurangan kehilangan haba hasil daripada pemasangan penebat?*

[60 marks/markah]

- Q2. [a] A current of 200A is passed through a stainless steel wire ($k = 19 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$), 3 mm in diameter. The resistivity of the steel is $70 \times 10^{-6} \Omega\text{.cm}$, and length of the wire is 1 m. The wire is submerged in a liquid at 110°C and experiences a convection heat transfer coefficient of $4 \text{ kW/m}^2\text{C}$. Calculate the temperature at the center of the wire.**

Suatu arus 200A melalui satu wayar keluli tahan karat ($k = 19 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$), berdiameter 3 mm. Keboleh rintangan keluli ialah $70 \times 10^{-6} \Omega\text{.cm}$, dan panjang wayar ialah 1 m. Wayar tersebut direndam dalam cecair pada suhu 110°C dan mengalami pekali pemindahan haba perolakan $4 \text{ kW/m}^2\text{C}$. Kirakan suhu di tengah wayar tersebut.

[50 marks/markah]

- [b] In a quench hardening process, steel rod ($\rho = 7832 \text{ kg/m}^3$, $c_p = 434 \text{ J/kg.K}$, and $k = 63.9 \text{ W/m.K}$) are heated in a furnace to 850°C and then cooled in a water bath to an average temperature of 95°C (as in Figure Q2). The water bath has a uniform temperature of 40°C and convection heat transfer coefficient of $450 \text{ W/m}^2\text{.K}$. If the steel rods have a diameter of 50 mm and a length of 2 m, determine:**

- (i) the time required to cool a steel rod from 850°C to 95°C in the water bath,**
- (ii) the total amount of heat transferred to water during the quenching of a single rod.**

Dalam proses pengerasan lindap, rod keluli ($\rho = 7832 \text{ kg/m}^3$, $c_p = 434 \text{ J/kg.K}$, and $k = 63.9 \text{ W/m.K}$) dipanaskan ke 850°C dalam relau dan disejukkan ke suhu purata 95°C dalam rendaman air (seperti dalam Rajah Q2). Rendaman air mempunyai suhu seragam 40°C dan pekali pemindahan haba perolakan $450 \text{ W/m}^2\text{.K}$. Jika rod keluli mempunyai diameter 50 mm dan panjang 2m, tentukan:

- (i) masa yang diperlukan untuk menyejuk sebuah rod keluli dari 850°C ke 95°C dalam rendaman air.*
- (ii) jumlah haba berpindah kepada air semasa pengerasan lindap sebuah rod.*

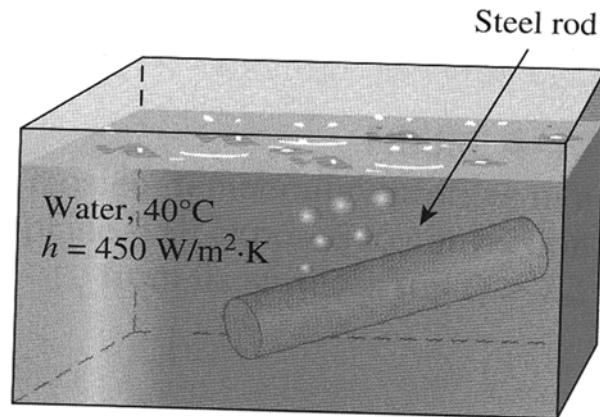


Figure Q2
Rajah S2

[50 marks/markah]

- Q3. [a] Air at 300 K and 75 kPa flows over a 1 m² plate at a velocity of 45 m/s. The plate is maintained at a constant temperature of 400 K. Calculate the heat loss by the plate. Given, $Pr = 0.697$, $\mu = 2.075 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$, $k = 0.03003 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$.**

Udara pada 300 K dan 75 kPa mengalir di atas sebuah plat 1 m² dengan halaju 45 m/s. Plat tersebut dikekalkan pada suhu malar 400 K. Kirakan kehilangan haba plat. Diberi, $Pr = 0.697$, $\mu = 2.075 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$, $k = 0.03003 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$.

[25 marks/markah]

- [b] Air at 202.64 kPa and 200°C is heated as it flows through a tube with a diameter of 2.54 cm at a velocity of 10 m/s. Given, $Pr = 0.681$, $\mu = 2.57 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$, $k = 0.0386 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$, $c_p = 1.025 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$**

- (i) Calculate the heat transfer per unit length of tube if a constant-heat-flux condition is maintained at the wall and the wall temperature is 20°C above the air temperature, all along the length of the tube;**

- (ii) Estimate the bulk temperature increase over a 3-m length of the tube.**

Udara pada 202.64 kPa dan 200°C dipanaskan semasa ia melalui satu tiub berdiameter 2.54 cm pada halaju 10 m/s. Diberi, $Pr = 0.681$, $\mu = 2.57 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$, $k = 0.0386 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$, $c_p = 1.025 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$

- (i) Kirakan pemindahan haba per unit panjang tiub jika keadaan fluks haba malar dikekalkan pada dinding dan suhu dinding ialah 20°C atas suhu udara, disepanjang tiub;**

- (ii) Anggarkan peningkatan suhu pukal bagi 3m panjang tiub.**

[50 marks/markah]

- [c] Small electric strip heaters with a width of 6 mm are oriented in a horizontal position. The strips are maintained at 500°C and exposed to a room air at 20°C . Assuming that the strips dissipate heat from both the top and the bottom surfaces, estimate the strip length required to dissipate 2 kW of heat by free convection.

Pemanas elektrik berjalur kecil dengan lebar 6 mm diorientasi secara mendatar. Jalur-jalur dikekalkan pada 500°C dan didedahkan kepada udara bilik pada 20°C . Anggapkan jalur-jalur melepaskan haba dari kedua-dua permukaan atas dan bawah, anggarkan panjang jalur yang diperlukan untuk melepaskan 2 kW haba dengan perolakan bebas.

[25 marks/markah]

- Q4. [a] The 30-cm-diameter hemisphere in Figure Q3 [b] is maintained at a constant temperature of 500°C and insulated on its back side. The surface emissivity is 0.4, Stefan-Boltzmann Constant is $5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. The opening exchanges radiant energy with a large enclosure at 30°C . Calculate the net radiant exchange.

Hemisfera berdiameter 30 cm dalam Rajah Q3 [b] dikekalkan pada suhu malar 500°C dan ditebatkan pada sisi belakangnya. Keboleh-pancaran permukaan ialah 0.4, pemalar Stefan-Boltzmann ialah $5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Pembukaan menukar tenaga sinaran dengan satu lingkungan besar pada 30°C . Kirakan pertukaran sinaran bersih.

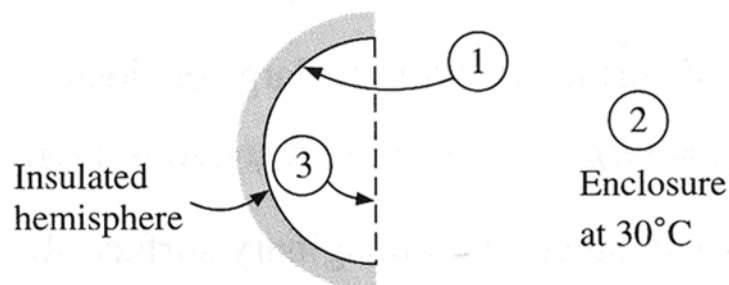


Figure Q3[b]

Rajah S3[b]

[70 marks/markah]

- [b] Two very large parallel planes with emissivities 0.3 and 0.8 exchange heat. Find the percentage reduction in heat transfer when a polished aluminium radiation shield ($\epsilon = 0.04$) is placed between them.

Dua satah selari yang sangat besar dengan pancaran 0.3 dan 0.8 menukar haba. Tentukan peratus penurunan dalam pemindahan haba apabila kepingan sinaran aluminium berkilat ($\epsilon = 0.04$) diletakkan diantara mereka.

[30 marks/markah]

- Q5. [a] Water at rate of 68 kg/min is heated from 35 to 75°C by an oil having specific heat of 1.9 kJ/kg.°C. The fluids are used in counter flow double-pipe heat exchanger, and the oil enters the exchanger at 110°C and leaves at 75°C. The overall heat transfer coefficient is 320 W/m².°C. Calculate the heat exchanger area.**

Air pada kadar 68 kg/min dipanaskan dari 35 ke 75°C dengan minyak yang mempunyai haba tentu 1.9 kJ/kg.°C. Cecair-cecair tersebut digunakan dalam sebuah penukar haba dwi-paip pembilang alir, minyak masuk ke dalam penukar pada suhu 110°C dan keluar pada 75°C. Pekali pemindahan haba keseluruhan ialah 320 W/m².°C. Kirakan luas permukaan penukar haba.

$$\Delta T_m = \frac{(T_{h2} - T_{c2}) - (T_{h1} - T_{c1})}{\ln \left[\frac{(T_{h2} - T_{c2})}{(T_{h1} - T_{c1})} \right]}$$

[20 marks/markah]

- [b] A shell and tube heat exchanger is used as an ammonia condenser with ammonia vapour entering the shell at 50°C as a saturated vapour. Water enters the single pass tube arrangement at 20°C and total heat transfer required is 200 kW. The overall heat transfer coefficient is 1000 W/m².°C and specific heat of water is 4.18 kJ/kg.K.**

- (i) Determine the area to achieve a heat exchanger effectiveness of 60% with an exit water temperature of 40°C.**
- (ii) What percent reduction in heat transfer would result if the water flow is reduced in half while keeping the heat exchanger area and overall heat transfer coefficient the same?**

Sebuah penukar haba kelompang dan tiub digunakan sebagai kondenser ammonia dengan wap ammonia masuk ke dalam kelompang pada 50°C sebagai wap tepu. Air masuk ke dalam susunan tiub laluan sehalu pada 20°C dan jumlah pemindahan haba yang perlu ialah 200 kW. Pekali pemindahan haba keseluruhan ialah 1000 W/m².°C dan haba tentu air ialah 4.18 kJ/kg.K.

- (i) Tentukan luas permukaan untuk mencapai keberkesanan penukar haba 60% dengan suhu air keluaran pada 40°C.**
- (ii) Apakah peratus penurunan dalam pemindahan haba jika kadar aliran air dikurangkan separuh, dengan mengekalkan nilai yang sama bagi luas penukar haba suhu masuk dan pekali pemindahan haba keseluruhan.**

[80 marks/markah]

-0000000000-